

**Accel ration sensor for motor vehicl safety system - assigns m vable magn t
acting against force of resetting element to magnetically-operated electrical switch**

Patent Number: DE4128347

Publication date: 1992-11-19

Inventor(s):

Applicant(s):

Requested Patent: ☐ DE4128347

Application Number: DE19914128347 19910827

Priority Number(s): DE19914128347 19910827

IPC Classification: B60R21/32; B60R22/46; G01P15/08; H01H35/14; H01H36/00

EC Classification: G01P15/135, H01H35/14F

Equivalents:

Abstract

An acceleration sensor (10) has a magnetically operated electrical switch (23) and a magnet (15) whose position can be varied against the force of a restoring element (20) acting as an inertial wt. When a threshold acceleration value is exceeded the magnet moves so as to operate the switch which activates a deceleration mechanism which decelerates the magnet. The action of the acceleration mechanism is to decelerate the movement of the magnet from its rest position to its end position under acceleration less than during the return to the rest position.

USE/ADVANTAGE - Esp. for releasing air-bag or tightening safety belt in motor vehicle under sensed collision conditions. Switching time is largely independent of shape of collision curve.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

4202F/1200

32



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 41 28 347 C 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 P 15/08
B 60 R 21/32
B 60 R 22/46
H 01 H 36/00
H 01 H 35/14
// B60R 16/02

⑳ Aktenzeichen: P 41 28 347.3-52
㉔ Anmeldetag: 27. 8. 91
㉕ Offenlegungstag: —
㉖ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 11. 92

DE 41 28 347 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Patentinhaber:
Gebr. Schmidt, Fabrik für Feinmechanik, 7742 St
Georgen, DE

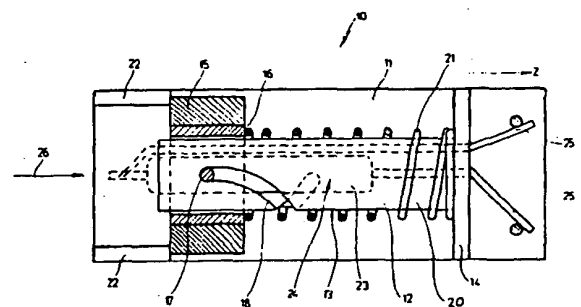
㉘ Vertreter:
Witte, A., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Weller, W., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Hilgenfeldt, A., Dr.,
Rechtsanw., 7000 Stuttgart

㉙ Erfinder:
Schwegler, Dietmar, Dipl.-Ing. (FH); Sondergeld,
Manfred, Dipl.-Phys. Dr., 7742 St Georgen, DE

㉚ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 33 38 287 C1
DE 32 16 321 C1
DE 30 15 155 C2
DE 37 27 351 A1
DE 26 44 606 A1

㉛ Beschleunigungssensor

㉜ Ein insbesondere für Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeu-
gen vorgesehener Beschleunigungssensor (10) weist einen
magnetisch betätigbaren elektrischen Schalter (23) und
einen dazu vorgesehenen, gegen die Kraft eines Rückstell-
elementes (20) ortsveränderlich angeordneten Magneten
(15) auf. Der Magnet (15) bewegt sich als seismische Masse
bei Überschreiten eines Beschleunigungs-Schwellwertes
derart, daß er den Schalter (23) betätigt. Bei dem Beschleu-
nigungssensor (10) ist zumindest eine Verzögerungsmaß-
nahme vorgesehen, welche die Bewegung des Magneten
(15) zumindest nach dem Betätigen des Schalters (23)
verzögert (Fig. 1).



DE 41 28 347 C 1

Die Erfindung betrifft einen Beschleunigungssensor, insbesondere für Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeugen, mit einem magnetisch betätigbaren elektrischen Schalter und einem dazu vorgesehenen, gegen die Kraft eines Rückstellelementes ortsveränderlich angeordneten Magneten, der sich als seismische Masse bei Überschreiten eines Beschleunigungs-Schwellwertes derart bewegt, daß er den Schalter betätigt, wobei zumindest eine Verzögerungsmaßnahme vorgesehen ist, welche die Bewegung des Magneten verzögert.

Ein derartiger Beschleunigungssensor ist aus der Druckschrift DE 26 44 606 A1 bekannt.

Weitere Beschleunigungssensoren sind beispielsweise aus den Druckschriften DE 33 38 237 C1, DE 32 16 321 C1 oder DE 37 27 351 A1 bekannt.

Bei dem aus der DE 26 44 606 A1 bekannten Beschleunigungssensor ist der Magnet ein ringförmiger Einzelmagnet, der mit seiner Mittelöffnung auf ein Trag- oder Gleitrohr geschoben und auf diesem in Tragrohrrichtung verschiebbar ist. Im Inneren des Tragrohrs befindet sich ein Reed-Schalter, der so angeordnet ist, daß er sich normalerweise außerhalb des Wirkungsbereiches des Dauermagneten befindet und dessen Kontaktzungen deshalb normalerweise geöffnet sind. Wirkt auf die Anordnung eine Beschleunigung oder Verzögerung, so wird der Magnet gegen die Kraft einer Feder verschoben, so daß er in den Bereich des Reed-Schalters gelangt. Das Magnetfeld magnetisiert dabei die Kontaktzungen des Reed-Schalters und schließt diese. Nach Beendigung der Beschleunigung oder Verzögerung drückt die Feder den Dauermagneten in seine ursprüngliche Lage zurück, wobei der Reed-Schalter sich wieder öffnet.

Bei dem aus der DE 33 38 287 C1 bekannten Beschleunigungssensor ist der Schalter ebenfalls ein Reed-Schalter. Hier sind zwei Dauermagnete vorhanden, die in Richtung ihrer Längsachse mit Abstand hintereinander angeordnet sind. Die voneinander abgelegenen Flächen der Dauermagneten stützen sich auf dem gemeinsamen Gehäuse ab, während die einander zugewandten Seiten gleichnamig magnetisiert sind, so daß sich die beiden Dauermagneten abstoßen. Je nach Richtung der auf den Beschleunigungssensor ausgeübten Beschleunigung oder Verzögerung wird einer der beiden ringförmig ausgebildeten Dauermagneten sich längs des Tragrohrs verschiebbar und dabei in den Bereich des in dem Tragrohr angeordneten Reed-Schalters gelangen und diesen schließen. Dabei bewegt sich dieser Magnet auf den anderen Magneten zu und wird mit abnehmendem Abstand wegen der gleichnamig magnetisierten zugewandten Flächen immer stärker abgestoßen.

Bei dem aus der DE 32 16 321 C1 bekannten Beschleunigungssensor ist ein Stabmagnet vorgesehen, der in einem rohrförmigen Gehäuse gelagert ist. In der Wandung des Gehäuses ist ein Reed-Schalter angeordnet, der sich normalerweise außerhalb des Wirkungsbereiches des Magneten befindet. Wirkt auf die Anordnung eine Beschleunigung oder Verzögerung, so verschiebt sich der stabförmige Magnet, wobei sein Feld in die Nähe des Reed-Schalters gelangt und diesen schaltet. Ist die Beschleunigung bzw. Verzögerung groß genug, so stößt der Dauermagnet schließlich gegen eine Feder, welche durch die so auf sie ausgeübte Kraft zusammengedrückt wird.

Nach Beendigung der Beschleunigung oder Verzögerung werden bei den insoweit beschriebenen Beschleu-

nigungssensoren die bewegten Magnete durch das Rückstellelement, das eine Feder oder ein anderer Magnet sein kann, in ihre Ausgangslage zurückgeschnellt. Da in beiden Fällen — Magnet oder Rückstellfeder — die Rückstellkraft progressiv zunimmt, je weiter der Magnet aus seiner Ruhelage ausgelenkt ist, hängt die Schaltzeit der bekannten Beschleunigungssensoren stark von dem zeitlichen Verlauf der Beschleunigungs- bzw. Verzögerungskurve, die auch Kollisionskurve genannt wird, ab.

Derartiges progressives Schaltverhalten ist jedoch mit Hinblick auf die Verwendung derartiger Beschleunigungssensoren unerwünscht. Sensoren dieser Art werden nämlich u. a. in voll passiven Insassen-Rückhaltesystemen für Kraftfahrzeuge, wie z. B. in Gurtestraffer- und Airbag-Systemen verwendet.

Diese auch als Sicherheitsschalter oder Safing-Sensoren bezeichneten Sensoren werden direkt im elektrischen Zündkreis eines Gasgenerators betrieben, der zum Aufblasen eines Airbags oder zum Straffen von Sicherheitsgurten benötigt wird. Mit dieser Anordnung wird gewährleistet, daß das Rückhaltesystem nur dann ausgelöst werden kann, wenn tatsächlich eine für die Insassen gefährliche Situation eintritt. In diesem Fall muß der Sensor solange im geschlossenen Zustand verharren, bis die Sicherheitseinrichtung ihre schützende Wirkung für die gefährdeten Insassen vollständig entfaltet hat.

Bei den oben beschriebenen herkömmlichen Sensoren kann es vorkommen, daß je nach Verlauf der von außen einwirkenden Beschleunigung, d. h. der Kollisionskurve, der Reed-Schalter kurzfristig öffnet und dadurch eine vorübergehende Unterbrechung des Zündkreises eintritt. Dieser Effekt ist unerwünscht, da er zu einer nicht kontrollierbaren Beeinträchtigung des Sicherheitssystems führen kann.

Wie bereits erwähnt, wird dieses nachteilige Verhalten durch Schaltcharakteristiken mit progressiver Kraft-Weg-Kennlinie verursacht. Da mit zunehmender Auslenkung des Magneten aus seiner Ruheposition die Größe der Rückstellkraft zunimmt, wirkt auf den Magneten eine starke Rückbeschleunigung, was letztendlich zu einer relativ kurzen Schließdauer des Reed-Schalters führt.

Aus der DE 37 27 351 A1 schließlich ist ein Beschleunigungssensor mit einer degressiven Kennlinie bekannt. Der bekannte Beschleunigungssensor umfaßt einen von einem Losreißmagneten in seiner Grundposition gehaltenen Schaltmagneten, der erst nach Überschreiten eines Beschleunigungs-Grenzwertes aus seiner Grundposition ausgelenkt wird und die Kontakte eines Reed-Schalters schließen kann. Dies bedeutet, daß der bekannte Beschleunigungssensor insofern eine degressive Kennlinie aufweist, als die magnetische Kraft des Losreißmagneten auf den Schaltmagneten und damit die Rückstellkraft um so geringer wird, je weiter sich der Schaltmagnet von dem Losreißmagneten weg bewegt.

Hier nimmt also die Haltekraft mit zunehmendem Abstand ab, so daß der Magnet sozusagen immer weniger gebremst wird. Einzige Einstellmaßnahme ist der Ruheabstand zwischen den beiden Magneten, durch den die Schaltschwelle eingestellt wird. Die Schaltzeit selbst ergibt sich aus der Baulänge bzw. der dadurch bedingten "Flugzeit" des Magneten bei entsprechender Beschleunigung sowie aus der Höhe des Beschleunigungswertes und dem Verlauf der Kollisionskurve.

Obwohl bei entsprechender großer Baulänge dieser bekannte Beschleunigungssensor bei sehr hohen Verzö-

gerungen eine ausreichend lange Schaltzeit liefert, kann die Schaltzeit insbesondere bei flachen Kollisionskurven, die gerade den Schwellwert überschreiten, unerwünscht kurz sein, so daß auch hier die oben erwähnten Nachteile der nicht hinreichend langen Schaltzeit auftreten.

Aus der DE 30 15 155 C2 ist ein weiterer Beschleunigungssensor bekannt, bei dem ein elektrischer Schalter durch die seismische Masse mechanisch betätigt wird. Auch bei diesem Beschleunigungssensor wird die seismische Masse durch eine Beschleunigung oder Verzögerung gegen die Kraft einer Rückstellfeder verschoben, die die Masse nach Ablauf der Beschleunigung oder Verzögerung wieder in die Ruhelage drückt. Die Hin- und Herbewegung der seismischen Masse wird dadurch beeinflußt, daß einmal der linearen Bewegung zusätzlich eine Drehbewegung überlagert wird und daß zum anderen der Bewegungsraum der seismischen Masse mit einem dämpfenden Fluid gefüllt ist. Da sowohl die überlagerte Drehbewegung als auch die Fluiddämpfung in beiden Bewegungsrichtungen der seismischen Masse gleich wirken, wird das Schaltverhalten wie bei den oben diskutierten Beschleunigungssensoren durch die Kennlinie der Rückstellfeder bestimmt, ist also ebenfalls progressiv.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es daher Aufgabe der Erfindung, den gattungsgemäßen Beschleunigungssensor derart weiterzubilden, daß die Schließdauer in großem Maße unabhängig von dem Verlauf der Kollisionskurve ist.

Hinsichtlich eines Beschleunigungssensors der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die zumindest eine Verzögerungsmaßnahme derart ausgelegt ist, daß die Bewegung des Magneten auf seinem Weg von seiner Ruheposition in seine bei entsprechender Beschleunigung eingenommene Endposition weniger stark verzögert wird, als bei seinem Rückweg von der Endposition in die Ruheposition.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst. Weil nämlich die Bewegung des Magneten nach dem Betätigen des Schalters auf seinem Rückweg stärker verzögert wird, wird eine degressive Wirkung auf die Bewegung des Magneten ausgeübt, welche zu längeren Schließzeiten führt. Durch die Retardierung des Magneten nach der Betätigung des Schalters ergibt sich eine weitgehend von dem Verlauf der Kollisionskurve unabhängige Schließdauer.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Beschleunigungssensors wird als Verzögerungsmaßnahme dem Magneten zumindest während eines Abschnittes seiner durch Beschleunigung des Beschleunigungssensors bewirkten Bewegung eine Drehbewegung überlagert.

Diese Maßnahme ist konstruktiv von Vorteil, denn durch die der Flugbewegung des Magneten überlagerte Drehbewegung wird sozusagen die effektive Masse des Magneten erhöht, das System wird also "träger", nachdem der Schalter betätigt wurde. Über die Rückstellkraft des Rückstellelementes beeinflußt die träge Masse die Rückstellzeit für den Magneten, so daß bei erhöhter träger Masse auch die Rückstellzeit gegenüber einem nicht von einer Drehbewegung überlagerten Magneten erhöht ist.

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn als Verzögerungsmaßnahme eine Führung für die Bewegung des Magneten vorgesehen ist, die derart ausgelegt ist, daß der Ma-

gnet von seiner Ruheposition in seine bei entsprechender Beschleunigung eingenommene Endposition einen Gesamtweg zurücklegt, der kürzer ist als sein Rückweg von der Endposition in die Ruheposition.

Auch auf diese konstruktiv sehr einfache Weise wird für eine längere Schließdauer des Schalters gesorgt. Während der Magnet auch schon bei einer den Beschleunigungs-Schwellwert geringfügig überschreitenden Beschleunigung auf einem kurzen Gesamtweg von seiner Ruheposition in die Endposition bewegt wird, muß er sich entlang eines längeren Rückweges in die Ruheposition zurückbewegen, wenn die Beschleunigung den Schwellwert wieder unterschritten hat. Das Verhältnis von Hinweg zu Rückweg kann dabei so gewählt werden, daß der überwiegende Zeitanteil auf den Rückweg entfällt, der aber unabhängig ist von dem Verlauf der Kollisionskurve.

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn eine Zwangsführung für die Bewegung des Magneten vorgesehen ist.

Diese Maßnahme ist rein konstruktiv von Vorteil, weil auf diese Weise die Drehbewegung oder der verlängerte Rückweg in jedem Falle eingehalten werden. Unabhängig davon, ob die Beschleunigung den Sensor axial oder quer trifft, führt der Magnet seine vorgesehene Bewegung aus. Diese Maßnahme steigert also insbesondere die Eigensicherheit des erfindungsgemäßen Beschleunigungssensors.

In einer Weiterbildung ist es bevorzugt, wenn der Magnet ein ringförmiger Magnet ist, der auf einem den Schalter umgebenden Gleitrohr verschiebbar angeordnet ist.

Auch diese Maßnahme erhöht in vorteilhafter Weise die Eigensicherheit des neuen Beschleunigungssensors. Der Ringmagnet ist nämlich verklemmungsfrei auf dem Gleitrohr geführt, während andererseits der Schalter selbst in dem Gleitrohr geschützt angeordnet ist.

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn das Gleitrohr eine Führungsnut aufweist, in die ein mit dem Magneten verbundener Führungsstift eingreift.

Auf diese konstruktiv einfache Weise kann dem Magneten jeder beliebige Bewegungsablauf aufgezwungen werden, wie er für die oben bereits beschriebenen Verzögerungsmaßnahmen von Vorteil ist.

In einem Ausführungsbeispiel ist es hier bevorzugt, wenn die Führungsnut einen Abschnitt aufweist, der in Längsrichtung des Gleitrohres spiralförmig in dessen Oberfläche verläuft.

Auch diese Maßnahme ist konstruktiv von Vorteil, denn während eines Abschnittes der Führungsnut wird so dem Magneten eine Drehbewegung überlagert. Vorteilhafterweise wird der spiralförmig ausgebildete Abschnitt der Führungsnut zu dem Schalter so ausgerichtet sein, daß der Magnet den Schalter bereits betätigt hat, wenn er mit seinem Führungsstift in diesen Abschnitt gelangt.

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn die Führungsnut einen Abschnitt aufweist, der in Längsrichtung des Gleitrohres geradlinig und parallel zur Längsrichtung verläuft.

Hier ist von Vorteil, daß der Magnet zunächst sehr schnell geradlinig in die Schaltposition "fliegen" kann, bevor er in einen gekrümmten Abschnitt übergeht, in dem die Verzögerungsmaßnahmen wirken.

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn der Magnet den Schalter betätigt, bevor der Führungsstift den geradlinigen Abschnitt verläßt.

Bei dieser Maßnahme ist von Vorteil, daß sich der Magnet je nach Höhe der Beschleunigung oder Verzö-

gerung mehr oder weniger weit längs des geradlinigen Abschnittes bewegt, der in Abhängigkeit von der Kraft des Rückstellelementes so ausgelegt ist, daß der Führungsstift das Ende des geradlinigen Abschnittes dann erreicht, wenn der vorgegebene Beschleunigungsschwellwert erreicht ist. Wird dieser Schwellwert überschritten, so wird der Schalter betätigt und über den Führungsstift und die Führungsnut wird auf den Magneten entweder eine Drehbewegung und/oder die verlängerte Rückführung wirksam.

Ferner ist es bevorzugt, wenn das Rückstellelement eine Druckfeder ist.

Diese Maßnahme ist konstruktiv von Vorteil, denn die Druckfeder kann über das Gleitrohr geschoben und zwischen Magnet und einem Gehäuseteil eingespannt werden.

Ferner ist es bevorzugt, wenn als weitere Verzögerungsmaßnahme die Druckfeder einenend drehfest mit dem Magneten und anderenend drehfest mit einem Gehäuseteil des Beschleunigungssensors verbunden ist.

Auf diese vorteilhafte Weise wirkt die Druckfeder zugleich als Drehfeder und übt somit auf den Magneten bei dessen Längsbewegung eine Drehkraft aus. Diese Drehkraft kann entweder für sich vorgesehen sein oder aber die von Führungsnut und Führungsstift ausgeübte Drehbewegung noch unterstützen.

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn die Führungsnut auf dem abgewinkelten Gleitrohr eine Art Herzkurve beschreibt.

Durch diese Maßnahme werden die Vorteile der überlagerten Drehbewegung einerseits und des verlängerten Rückweges andererseits vorteilhaft miteinander kombiniert. Während der Führungsstift auf dem Hinweg in die Endposition geradlinig geführt wird, durchläuft er auf dem Rückweg die beiden gegensinnig gekrümmten Bereiche der Herzkurve, wodurch zusätzlich eine Richtungsumkehr der Drehbewegung hervorgerufen wird.

Schließlich ist es bevorzugt, wenn der Schalter ein Reed-Schalter ist.

Diese Maßnahme ist insofern von Vorteil, als Reed-Schalter, die in bekannter Weise einen Schutzkontakt aufweisen, sehr wartungsarm sind, was ebenfalls die Eigensicherheit des neuen Beschleunigungssensors erhöht.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in einer nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht des Beschleunigungssensors mit geschnittenem Ringmagnet;

Fig. 2 in stark vereinfachter schematischer Darstellung verschiedene Betriebszustände des Beschleunigungssensors nach Fig. 1, in einer Seitendarstellung;

Fig. 3 in schematischer Darstellung den zeitlichen Verlauf einer typischen Kollisionskurve sowie des Schließverhaltens des Beschleunigungssensors nach Fig. 1;

Fig. 4 die Bahnkurve des Führungsstiftes des Beschleunigungssensors aus Fig. 1 in Zylinderkoordinaten;

Fig. 5 in Diagrammform den Verlauf der auf den Magneten des Beschleunigungssensors aus Fig. 1 wirkenden Rückstellkraft in Abhängigkeit von der Auslenkung und

Fig. 6 in einer Darstellung wie Fig. 4 eine herzförmige Bahnkurve sowie eine aus zwei Spiralkurven zusammengesetzte Bahnkurve.

In Fig. 1 ist mit 10 insgesamt ein Beschleunigungssensor bezeichnet, wie er zum Erfassen des Überschreitens eines vorbestimmten Beschleunigungsschwellwertes eingesetzt wird. Ein bevorzugtes Anwendungsbeispiel der Beschleunigungssensoren sind Insassen-Sicherungssysteme von Kraftfahrzeugen, beispielsweise Airbag-Systeme oder Gurtstraffer-Systeme. Bei diesen Systemen kommt es darauf an, mit möglichst geringer Totzeit den Zustand eines Auffahrunfalls zu erkennen, bei dem das Kraftfahrzeug schlagartig einer sehr hohen Verzögerung ausgesetzt wird, und das Überschreiten eines (negativen) Beschleunigungsschwellwertes erkannt werden soll, um Insassen-Sicherungssysteme zu aktivieren. Üblicherweise werden in diesen Fällen Treibladungen gezündet, die entweder das Aufblasen eines Luftsackes (Airbag) bewirken oder aber die Sicherheitsgurte festzurren, so daß die Fahrgäste in ihren Sitzen festgehalten werden.

Der Beschleunigungssensor 10 umfaßt ein Gehäuseteil 11, an dem ein Gleitrohr 12 mit zylindrischer Oberfläche 13 angeordnet ist. Das Gleitrohr 12 erstreckt sich von einer Halteplatte 14 des Gehäuseteiles 11 aus etwa zentrisch in dessen Längsrichtung.

Auf dem Gleitrohr 12 ist ein geschnitten dargestellter ringförmiger Magnet 15 mit einem ebenfalls geschnitten dargestellten in den Magneten 15 eingepreßten Innenring 16 angeordnet. Der Magnet 15 ist mittels des Innenringes 16 über eine Gleitpassung verschiebbar auf dem Gleitrohr 12 angeordnet.

An dem Innenring 16 ist ein in Fig. 1 ebenfalls geschnitten dargestellter Führungsstift 17 vorgesehen, der dem Gleitrohr 12 zugewandt ist und in eine Führungsnut 18 eingreift, die in die zylindrische Oberfläche 13 des Gleitrohres 12 eingebracht ist. Die Führungsnut 18 läuft spiralförmig auf der Oberfläche 13 des Gleitrohres 12 um und stellt zusammen mit dem Führungsstift 17 eine Zwangsführung für den Magneten 15 dar.

Über das Gleitrohr 12 ist ferner ein Rückstellelement 20 in Form einer Druckfeder 21 geschoben, die sich einenend an der Halteplatte 14 und anderenend an dem Ringmagneten 15 bzw. dem Innenring 16 abstützt. Durch die Wirkung der Druckfeder 21 wird der Magnet 15 so gegen Anschläge 22 gedrückt, die ebenfalls mit dem Gehäuseteil 11 verbunden sind. Die Anordnung ist derart getroffen, daß der Magnet 15 bei einer entsprechenden Beschleunigung als träge Masse eine Bewegung entlang des Gleitrohres ausführt, die durch die Bahnkurve der Führungsnut vorgegeben ist.

Der ringförmige Magnet 15 dient zum Betätigen eines magnetisch betätigbaren elektrischen Schalters 23, der in dem Gleitrohr 12 angeordnet ist und daher in Fig. 1 nur gestrichelt zu erkennen ist. Der Schalter 23, der in dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Reed-Schalter 24 mit elektrischen Anschlüssen 25 ist, ist Teil eines elektronischen Schaltkreises, der ein Rückhalte- bzw. Sicherheitssystem für die Insassen eines Kraftfahrzeuges steuert. Statt der Schutzgaskontakte wären auch andere magnetisch steuerbare Kontakte, z. B. in Luftatmosphäre schaltende Kontaktfedern oder magnetisch beeinflussbare Widerstände möglich.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist in Fig. 1 eine ggf. über das Gehäuseteil 11 schiebbare Schutzhülle nicht dargestellt. Ferner ist in Fig. 1 bei 26 die Längsrichtung des Schalters 23 angedeutet, die mit der Längsrichtung des Magneten 15 und des Gleitrohres 12 zusammenfällt; zumindest Gleitrohr 12 und Magnet 15 sind außerdem koaxial zueinander angeordnet.

Die Funktionsweise des insoweit beschriebenen Be-

schleunigungssensors 10 wird nun anhand der schematischen Darstellung der Fig. 2 näher erläutert. Wenn auf den Beschleunigungssensor 10 in Richtung des Pfeiles 27 eine Beschleunigung ausgeübt wird, bewegt sich der Magnet 15 relativ zu dem Gleitrohr 12 in Richtung des Pfeiles 28, da der Magnet 15 eine träge oder seismische Masse darstellt.

Während sich der Magnet 15 beispielsweise bei ruhendem Beschleunigungssensor 10 in seiner bei 30 angeordneten Ruheposition Z_0 befindet, bewegt er sich bei anstehender Beschleunigung in Richtung des Pfeiles 27 zunächst zu einem bei 31 angeordneten Schalterpunkt Z_a , bei dem er derart über die Kontakte des Reed-Schalters 24 gelangt ist, daß er diese schaltet. Schließlich bewegt sich der Magnet 15 längs der Führungsnut 18 weiter, bis er seine bei 32 angeordnete Endposition Z_e erreicht.

Zwischen der Ruheposition Z_0 und dem Schalterpunkt Z_a verläuft die Bahnkurve geradlinig und parallel zur Hauptachse (Längsrichtung 26) des Gleitrohres 12, wie dies in Fig. 2b durch ein gerades Bahnkurvensegment 33 dargestellt ist. Zwischen dem Schalterpunkt Z_a und der Endposition Z_e ist die Bahnkurve gekrümmt oder krummlinig, d. h. sie setzt sich aus Wegelementen zusammen, die unter einem bestimmten Winkel zur Längsrichtung 26 des Gleitrohres 12 verlaufen. Dies ist in Fig. 2c durch ein krummliniges Bahnkurvensegment 34 angedeutet.

Während der Magnet 15 im Bahnkurvensegment 33 eine reine Translationsbewegung ausführt, wird im Bahnkurvensegment 34 zusätzlich eine Drehbewegung überlagert, die den Magneten 15 in Richtung eines bei 35 angeordneten Pfeiles in Rotation versetzt und infolge des Trägheitsmomentes des Magneten 15 den Bewegungsablauf verlangsamt oder verzögert. Dieser Effekt wird auch als Retardierung bezeichnet.

Wenn der Magnet 15 seine Endposition 32 (Z_e) erreicht hat, verharrt er in dieser Stellung, bis die auf den Beschleunigungssensor 10 ausgeübte Beschleunigung den Beschleunigungs-Schwellwert wieder unterschritten hat. Dann wird der Magnet 15 durch die in Fig. 2 aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellte Druckfeder 21 in Richtung des Pfeiles 28' zunächst zurück zu dem Schalterpunkt 31 (Z_a) gedrückt, wobei er eine der Drehbewegung 35 entgegengesetzte Drehbewegung 36 vollführt. Hat der Magnet 15 den Schalterpunkt 31 (Z_a) wieder erreicht, so öffnet der Reed-Schalter wieder, während sich der Magnet 15 längs des geraden Bahnkurvensegmentes 33 in seine Ruheposition Z_0 begibt.

In Fig. 3 ist der Zusammenhang zwischen einer typischen Kollisionskurve 37 und dem Schließverhalten 38 des Reed-Schalters 24 dargestellt. Dabei beschreibt $a(t)$ den zeitlichen Verlauf der von außen auf den Beschleunigungssensor 10 einwirkenden Beschleunigung oder Verzögerung. Ist $a(t)$ größer als eine dynamische Schaltschwelle a_p , schließt der Reed-Schalter, da sich der Magnet 15 dann bis zu dem Schalterpunkt Z_a bewegt hat.

Aus dem soeben Gesagten ergibt sich, daß ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Schaltschwelle a_p und der Länge des Bahnkurvensegmentes 33 sowie der Rückstellkraft der Druckfeder 21 besteht. Bei gegebener Schaltschwelle a_p bestimmt sich aus der Rückstellkraft und der Länge des Bahnkurvensegmentes 33 die Zeit, die benötigt wird, bis der Reed-Schalter 24 schaltet.

Nach einer Ansprechzeit t_a hat die Kollisionskurve 37 den Beschleunigungs-Schwellwert a_p erreicht und der Reed-Schalter 24 schließt und verharrt in diesem Zu-

sammenhang während einer Schließdauer t_s , wie dies in Fig. 3 unten dargestellt ist. Der Zustand $S=0$ entspricht dabei einem geöffneten Reed-Schalter 24 und der Zustand $S=1$ einem geschlossenen Reed-Schalter.

Die Schließdauer t_s setzt sich additiv aus den Anteilen t_c und t_r zusammen. t_c ist dabei die sogenannte Kollisionszeit, in der sich der Magnet bei hinreichend großer Beschleunigungsamplitude bis in seine Endposition 32 (Z_e) bewegt, wie dies in Fig. 2c dargestellt ist. Die Rückbewegung des Magneten 15 setzt dann ein, wenn $a(t)$ unterhalb von a_p abfällt. Während der nun einsetzenden Rückstellzeit t_r wird der Magnet 15 durch die Rückstellkraft der Feder 21 von der Endposition 32 über das krummlinige Bahnkurvensegment 34 bis zum Schalterpunkt 31 zurückgeführt.

Während die Kollisionszeit t_c sehr stark von dem Amplituden-Zeit-Verlauf der Kollisionskurve 37 abhängt, ist die Rückstellzeit t_r weitgehend unabhängig von der Kollisionskurve 37 und wird vornehmlich durch die Retardierung, d. h. durch die auf dem Magneten 15 wirkenden Verzögerungsmaßnahmen bestimmt.

Wie sich aus Fig. 3 ergibt, wird die gesamte Schließdauer t_s überwiegend durch die Rückstellzeit t_r bestimmt.

Damit ist bei dem Beschleunigungssensor unabhängig vom Zeitverlauf der Kollisionskurve 37 der Reed-Schalter 24 immer ausreichend lange geschlossen — nämlich zumindest während der Rückstellzeit t_r —, so daß die Insassen-Sicherungssysteme sicher anspringen können.

Die Rückstellzeit t_r kann aus der Bewegungsgleichung des Magneten 15 für das Bahnkurvenintervall zwischen Z_a und Z_e berechnet werden. Sie folgt gemäß dem Hamilton-Prinzip aus der Bedingung $dE/dt=0$, wobei E die Gesamtenergie des mechanischen Systems bezeichnet. Diese ist gegeben durch die Beziehung:

$$E = \frac{1}{2} m \dot{z}^2 + \frac{1}{2} K z^2 + \frac{1}{2} J \dot{\phi}^2$$

Der erste Term ist die kinetische Energie, die der Magnet 15 mit seiner Masse m aufgrund seiner momentanen Geschwindigkeit $\dot{z}=dz/dt$ besitzt. Der zweite Term ist die potentielle Energie des Feder-Masse-Systems mit der Federkonstanten K bei einer Auslenkung z . Der dritte Term schließlich ist die Rotationsenergie des Magneten 15 bei einem angenommenen Massenträgheitsmoment J sowie einer momentanen Winkelgeschwindigkeit $\dot{\phi}=d\phi/dt$.

Der Zusammenhang zwischen der Auslenkung z und dem Winkel ϕ ergibt sich aus dem Verlauf der Bahnkurve des Führungsstiftes 17 in der Führungsnut 18. Diese Bahnkurve ist in Fig. 4 in Zylinderkoordinaten dargestellt. Anders ausgedrückt gibt Fig. 4 die in die (z, r, ϕ) Ebene abgewinkelte Bahnkurve des Führungsstiftes 17 auf der Oberfläche 13 des Gleitrohres 12 wieder.

In Kurvenintervallen zwischen Z_a und Z_e wird der Magnet 15 mittels des Führungsstiftes 17 in der Führungsnut 18 in der Weise zwangsgeführt, daß er in Abhängigkeit von seiner Z -Position um einen durch die Bahnkurve vorgegebenen Winkel ϕ um die Hauptachse des Gleitrohres 12 gedreht wird. Wird ohne Einschränkung der Allgemeinheit angenommen, daß die Führungsnut 18 eine Spiralkurve beschreibt, was der in der Fig. 4 dargestellten Bahnkurve 39 entspricht, ergibt sich der Zusammenhang $Z = r \phi \tan \alpha$.

Wie in Fig. 4 zu erkennen ist, setzt sich die Bahnkurve 39 aus dem geraden Bahnkurvensegment 33 und dem

spiralförmigen Bahnkurvensegment 34 zusammen, das wegen der Abwicklung in Fig. 4 ebenfalls eine Gerade darstellt. Bei Z_a ist ferner ein Übergangsbereich 41 mit einem Bahnkrümmungsradius r_B vorgesehen, der einen "weichen", d. h. kantenfreien Übergang von dem Segment 33 in das Segment 34 gewährleistet.

Die Ableitung der oben angegebenen Formel für die Gesamtenergie E des mechanischen Systems und die Berücksichtigung des ebenfalls angegebenen Zusammenhangs zwischen Z , R und ϕ führt zu folgender Bewegungsgleichung:

$$m_{\text{eff}} \ddot{z} + Kz = 0$$

mit

$$m_{\text{eff}} = m + J/(r^2 \cdot \tan^2 \alpha)$$

In diesen Gleichungen ist r der Radius des Gleitrohres 12 und α der Steigungswinkel der Spiralkurve. Die Zwangsführung des Magneten 15 führt also zu einer scheinbar erhöhten Trägheitsmasse des Magneten 15, einer sogenannten effektiven Masse m_{eff} . Ihr Wert ist um so größer, je größer das Massenträgheitsmoment J ist und je flacher die Spiralkurve verläuft, d. h. je kleiner der Steigungswinkel α ist. Die angegebene Bewegungsgleichung entspricht der einer ungedämpften harmonischen Schwingung, so daß die Rückstellzeit der folgenden Beziehung genügt:

$$t_r \sim (m_{\text{eff}}/K)^{1/2}$$

Da m_{eff} größer ist als m , ergibt sich ein höherer Wert für die Rückstellzeit t_r , als es ohne diese Verzögerungsmaßnahme (Retardierung) möglich wäre.

Dieser Zusammenhang ist in Fig. 5 dargestellt, die den Verlauf der auf den Magneten 15 wirkenden Rückstellkraft F_R in Abhängigkeit von der Auslenkung z wiedergibt.

Im Kurvenintervall zwischen Z_0 und Z_a wird die Rückstellkraft F_R durch die bei 43 dargestellten Federkennlinie der Druckfeder 21 bestimmt. Im Intervall zwischen Z_a und Z_e wird die Progression der Federkennlinie 43 abgeschwächt durch einen bei 44 angedeuteten degressiven Beitrag der zwangsgeführten Drehbewegung, und zwar mit dem Faktor:

$$1/[1 + J/(mr^3 \cdot \tan^2 \alpha)]$$

Während die Rückstellkraft F_R im Intervall (Z_0 , Z_a) proportional zu kz ist, ist sie im Intervall (Z_a , Z_e) proportional zu $(m/m_{\text{eff}})kz$.

Die Schließdauer t_s kann damit nach Maßgabe der Kollisionskurven $a(t)$ mittels der genannten Bahnkurvenparameter r und α auf gewünschte Werte eingestellt werden. Dabei müssen noch die auftretenden Reibungskräfte im Feder-Masse-System berücksichtigt werden. Es gibt eine optimale Bahnkurve für die Führungsnut 18, bei der eine größtmögliche Schließdauer t_s erreicht wird, ohne daß ein Festsitzen des Magneten 15 außerhalb der Ruheposition 30 (Z_0) möglich ist. Dies ist erfüllt, wenn der Steigungswinkel α in jedem Punkt der Bahnkurve größer ist als ein unterer Grenzwert α_0 , dem sogenannten Reibwinkel:

$$D_0 = \arctan \frac{\mu_1 + \mu_2 \cdot r/r}{1 - \mu_1 \mu_2 \cdot r/r}$$

Dabei sind μ_1 und μ_2 werkstoffsspezifische Reibkoeffizienten, μ_1 bestimmt die Gleitreibung zwischen Innenring und Gleitrohr und μ_2 die Drehreibung an dem Federende. Ferner geht der Federradius r_F in die Berechnung des Grenzwertes α_0 ein.

Die Reibungskräfte an den Federenden, die der Drehbewegung des Magneten entgegenwirken, können vermieden werden, indem die Druckfeder 21 einseitig an dem Innenring 16 und anderenfalls an der Halteplatte 14 befestigt wird. Dadurch wirkt die Druckfeder 21 zusätzlich als Drehfeder, was zusätzlich als Verzögerungsmaßnahme wirkt.

Die Federenden werden nämlich in der Weise befestigt, daß die Drehspannung der Druckspannung entgegenwirkt. Dies wird damit erreicht, daß der Vorspannwinkel, der durch die Bahnkurve erzeugten Drehwinkelrichtung entgegengerichtet ist. Mit anderen Worten bedeutet dies, daß der Magnet 15 durch die Drehwirkung der Druckfeder 21 in Richtung des in Fig. 2b relativ niedrigen Beschleunigungswerten $a(t)$ die maximale Auslenkung des Magneten 15 bis in die Endposition 32 (Z_e) erreicht, so daß die Retardierung voll wirksam wird. Da die zusätzlich als Drehfeder wirkende Druckfeder 21 während der Rückbewegung des Magneten 15 (siehe Fig. 2c) zwangsläufig wieder "aufgezogen" wird, nämlich in Richtung des Pfeiles 36 aus Fig. 2c, ergibt sich eine zusätzliche Verlangsamung der Rückstellung, also eine zusätzliche Verzögerungsmaßnahme. Da dieser Effekt reibungsunabhängig ist, ergibt sich eine Rückstellzeit t_r bzw. Schließdauer t_s , die länger ist, als es ohne die Drehspannung aufgrund des nicht unterschreitbaren Reibwinkels α_0 möglich wäre.

Um eine Erhöhung der Ansprechzeit t_a des Beschleunigungssensors (siehe Fig. 3) oder eine Herabsetzung der dynamischen Schaltschwelle α_p zu vermeiden, ist die Bahnkurve 39 so ausgelegt, daß die Drehbewegung des Ringmagneten erst jenseits des Schaltpunktes Z_a erzwungen wird. Damit ist der Steigungswinkel α der Bahnkurve 39 im Intervall (Z_0 , Z_a) gleich 90° — siehe Bahnkurvensegment 33 in Fig. 4 —, während er im Kurvenintervall (Z_a , Z_e) größer als α_0 und kleiner als 90° ist.

Es ist noch zu erwähnen, daß aufgrund des in Fig. 4 zu erkennenden Bahnkrümmungsradius r_B die in Fig. 5 dargestellte Rückstellkraft F_R bei Erreichen des Schaltpunktes Z_a nicht wie bei 46 angedeutet sprunghaft um den degressiven Beitrag 44 absinkt, sondern wie bei 47 in Fig. 5 angedeutet, allmählich. Wie bereits erwähnt, verläuft die ehemals steile Federkennlinie 43 nach der degressiven Absenkung um den Betrag 44 in einer in Fig. 5 bei 45 angedeuteten flacheren Kurve.

In Fig. 6 schließlich ist bei a) eine weitere Bahnkurve 49 angegeben, die ebenfalls den oben angegebenen Bedingungen gehorcht. Wie Fig. 4 ist auch Fig. 6 eine Darstellung einer Führung 50 in Zylinderkoordinaten, d. h. das Gleitrohr 12 ist abgewickelt dargestellt. Die Führung 50 hat in diesem Beispiel die Form einer Herzkurve 51, die Bewegungsrichtung des Führungsstiftes 17 in der Führung 50 ist bei 52 durch Pfeile angedeutet.

Der Magnet 15 bewegt sich bei der Hinbewegung geradlinig von der Ruheposition Z_0 über den Schaltpunkt Z_a in die Endposition Z_e . Dieser Hinweg ist in Fig. 6 mit 53d bezeichnet. Auf seinem mit 54 bezeichneten Rückweg folgt der Führungsstift 17 und damit der Magnet 15 den beiden gegensinnig gekrümmten Bahnkurvenabschnitt der Herzkurve 51, so daß zusätzlich ein Drehrichtungswechsel erzwungen wird. Diese beiden in Fig. 6a) mit 55 und 56 bezeichneten Bahnkurvenabschnitte sind als Spiralkurven ausgebildet. In Fig. 6b) ist

durch die Abschnitte 55' und 56' eine vereinfachte Parameterdarstellung der Herzkurve 51 angedeutet. Der Übergang von dem Abschnitt 55' in den Abschnitt 56' ist wieder durch eine Krümmung mit dem Bahnkrümmungsradius r_b realisiert, um ein Verkleben des Führungsstiftes 17 zu verhindern.

Zusätzlich zu der durch die Drehbewegung hervorgerufenen retardierenden Wirkung infolge der Erhöhung der effektiven Masse erfolgt durch diese Verzögerungsmaßnahme eine Erhöhung der Rückstellzeit t_r , da der Rückweg 54 länger ist als der Hinweg 53.

Während die Endposition z_e geradlinig relativ schnell erreicht wird, erfolgt die Retardierung oder Verlangsamung ausschließlich während der Rückbewegung. Vorteilhaft ist hier, daß schon bei relativ niedrigen Beschleunigungswerten die Retardierung voll wirksam wird.

Der Bewegungsablauf ist derart, daß der Führungsstift 17 bei einer ausreichenden Beschleunigung zunächst geradlinig über den Schalterpunkt Z_a läuft und bei einem mit 58 bezeichneten Anschlagpunkt anschlägt. Ist die Beschleunigung wieder zurückgegangen, drückt die Druckfeder 21 den Führungsstift 17 in Fig. 6a) nach unten, so daß er gegen ein mit 59 bezeichnetes Dreieck stößt, das eine Art Weiche darstellt, so daß der Stift 17 den verlängerten Rückweg 54 über die Kurvenabschnitt 55, 56 nimmt.

Wegen der vereinfachten Darstellung ist die durch die Herzkurve 51 bedingte Weichenfunktion in Fig. 6b) nicht so deutlich zu erkennen.

Patentansprüche

1. Beschleunigungssensor (10), insbesondere für Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeugen, mit einem magnetisch betätigbaren elektrischen Schalter (23) und einem dazu vorgesehenen, gegen die Kraft eines Rückstellelementes (20) ortsveränderlich angeordneten Magneten (15), der sich als seismische Masse bei Überschreiten eines Beschleunigungsschwellwertes (a_p) derart bewegt, daß er den Schalter (23) betätigt, wobei zumindest eine Verzögerungsmaßnahme vorgesehen ist, welche die Bewegung des Magneten (15) verzögert, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Verzögerungsmaßnahme derart ausgelegt ist, daß die Bewegung des Magneten (15) auf seinem Weg von seiner Ruheposition ($30, Z_0$) in seine bei entsprechender Beschleunigung (a_p) eingenommene Endposition ($32, Z_e$) weniger stark verzögert wird als bei seinem Rückweg von der Endposition ($32, Z_e$) in die Ruheposition ($30, Z_0$).

2. Beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Verzögerungsmaßnahme dem Magneten (15) zumindest während eines Abschnitts (34) seiner durch Beschleunigung des Beschleunigungssensors (10) bewirkten Bewegung (28) eine Drehbewegung (35, 36) überlagert wird.

3. Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Verzögerungsmaßnahme eine Führung (50) für die Bewegung (52) des Magneten (15) vorgesehen ist, die derart ausgelegt ist, daß der Magnet (15) von seiner Ruheposition ($30, Z_0$) in seine bei entsprechender Beschleunigung (a_p) eingenommene Endposition ($32, Z_e$) einen Gesamtweg (53) zurücklegt, der kürzer ist, als sein Rückweg (54) von der Endposition (32,

Z_e) in die Ruheposition ($30, Z_0$).

4. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zwangsführung für die Bewegung (28, 52) des Magneten (15) vorgesehen ist.

5. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (15) ein ringförmiger Magnet (15) ist, der auf einem den Schalter (23) umgebenden Gleitrohr (12) verschiebbar angeordnet ist.

6. Beschleunigungssensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitrohr (12) eine Führungsnut (18, 50) aufweist, in die ein mit dem Magneten (15) verbundener Führungsstift (17) eingreift.

7. Beschleunigungssensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsnut (18) einen Abschnitt (34) aufweist, der in Längsrichtung (26) des Gleitrohres (12) spiralförmig in dessen Oberfläche (13) verläuft.

8. Beschleunigungssensor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsnut (18) einen Abschnitt (33) aufweist, der in Längsrichtung (26) des Gleitrohres (12) geradlinig und parallel zur Längsrichtung (26) verläuft.

9. Beschleunigungssensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (15) den Schalter (23) betätigt, bevor der Führungsstift (17) den geradlinigen Abschnitt (33) verläßt.

10. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Rückstellelement (20) eine Druckfeder (21) ist.

11. Beschleunigungssensor nach Anspruch 10 und einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als weitere Verzögerungsmaßnahme die Druckfeder (21) einenenends drehfest mit dem Magneten (15) und anderenends drehfest mit einem Gehäuseteil (14) des Beschleunigungssensors (10) verbunden ist.

12. Beschleunigungssensor nach den Ansprüchen 3, 4 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsnut (50) auf dem abgewinkelten Gleitrohr (12) eine Art Herzkurve (51) beschreibt.

13. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalter (23) ein Reed-Schalter (24) ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

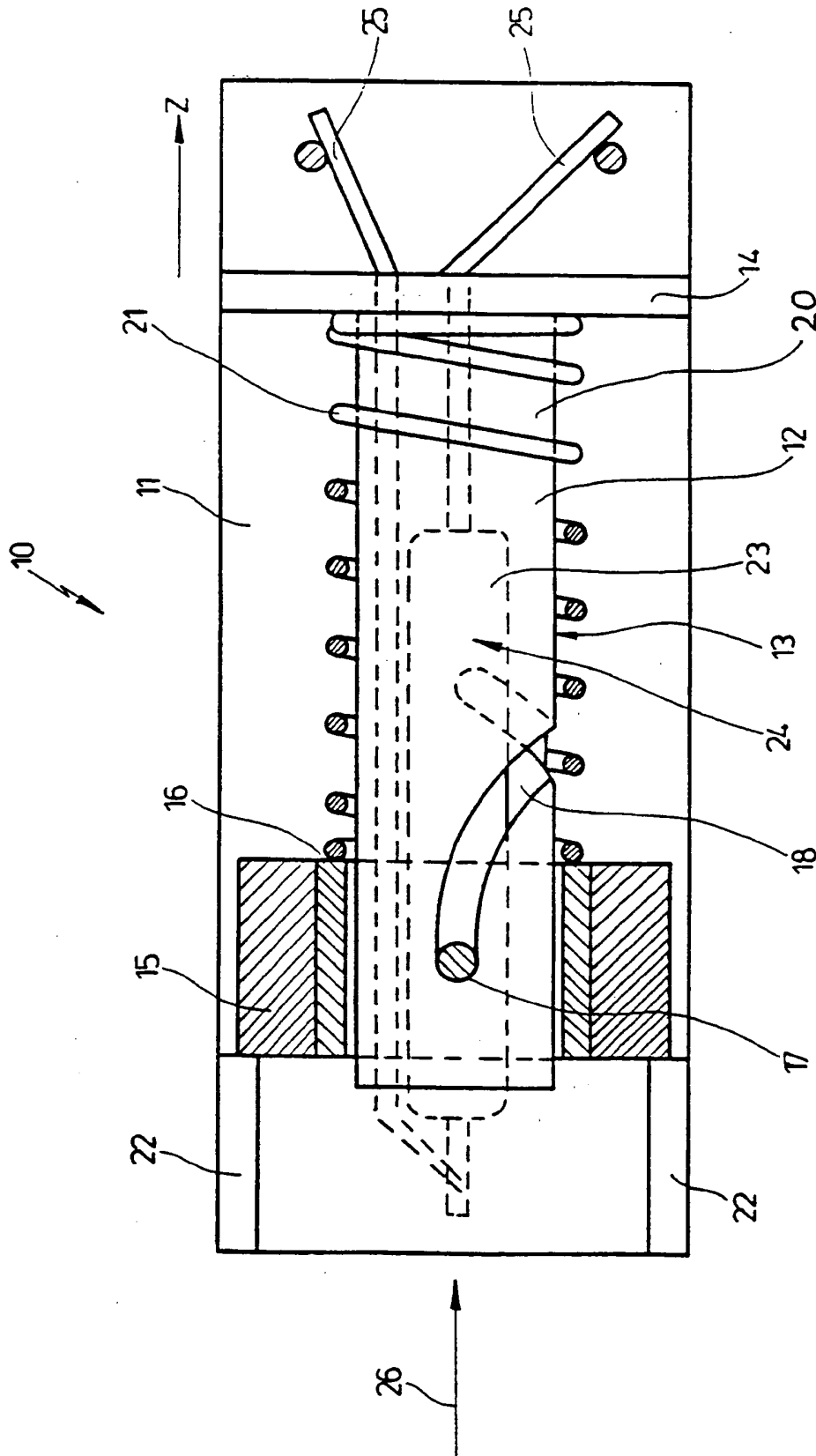


Fig. 1

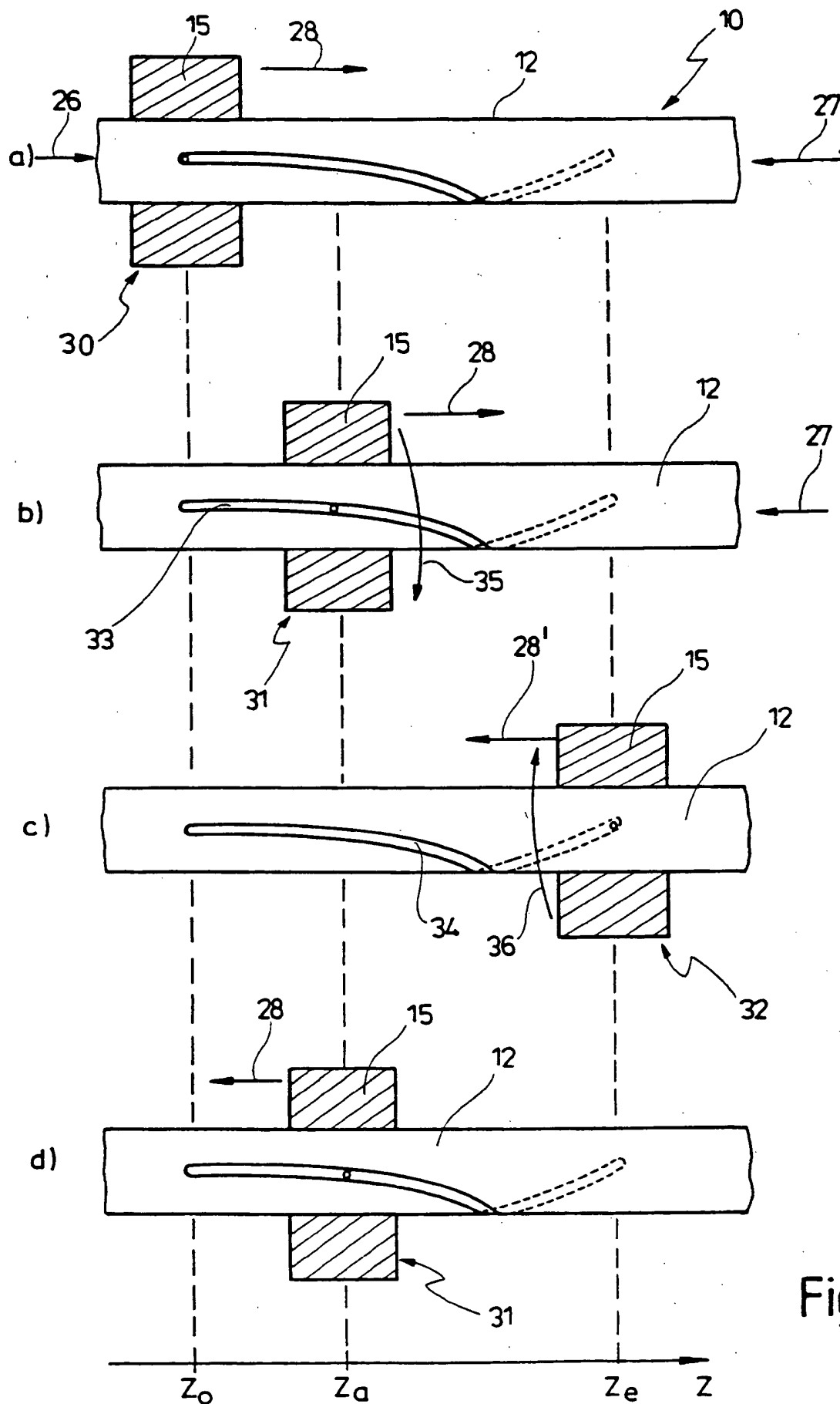


Fig. 2

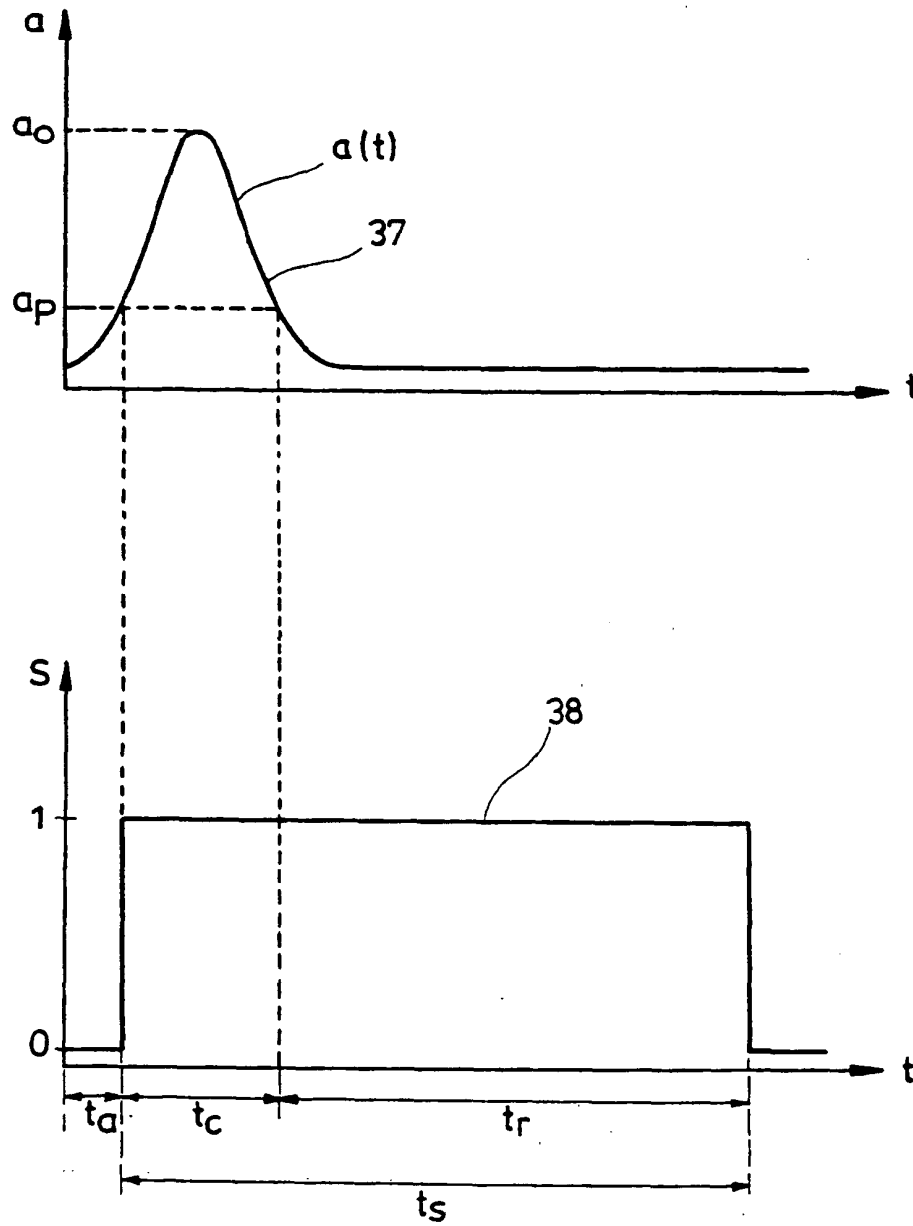


Fig. 3

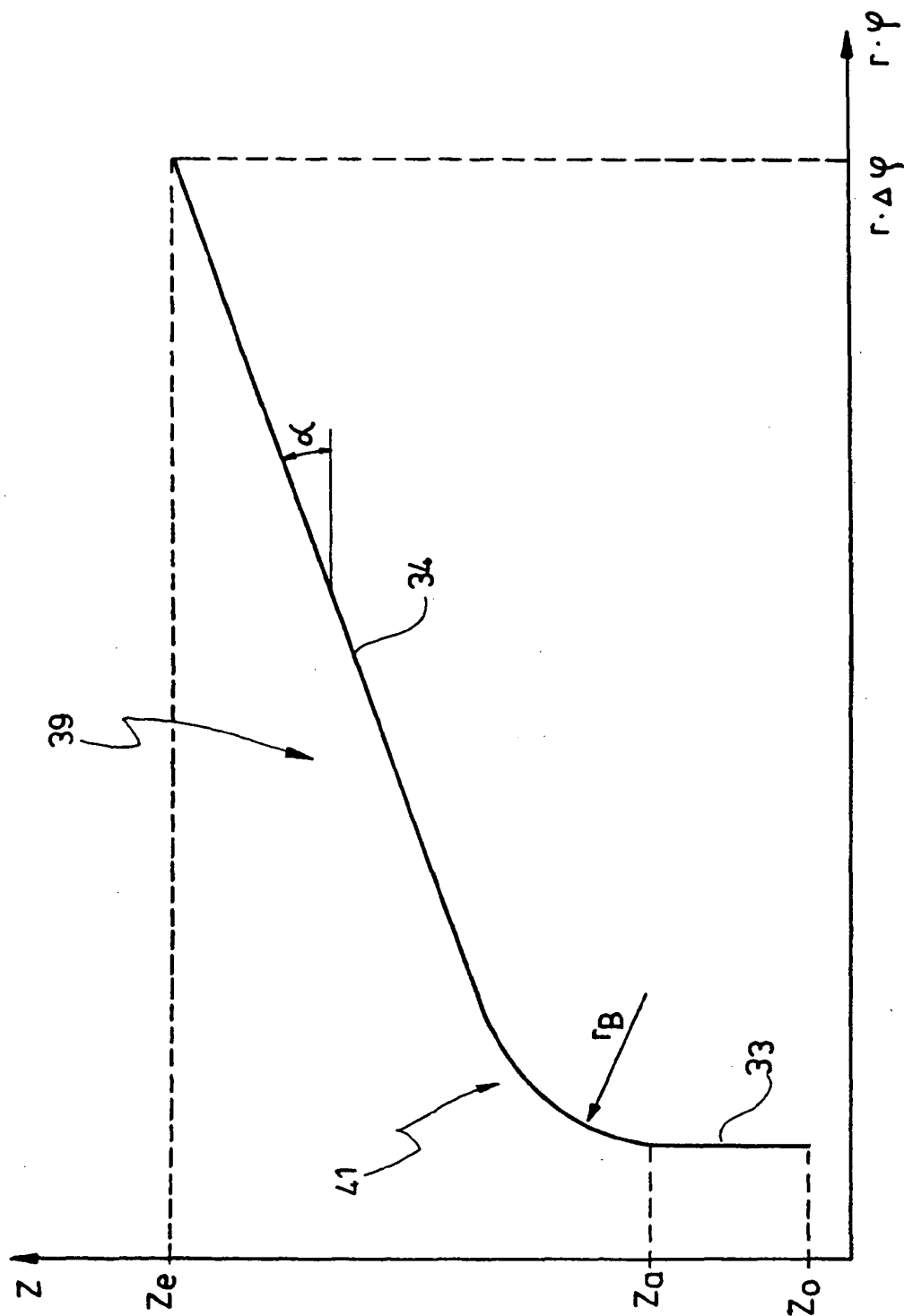


Fig. 4

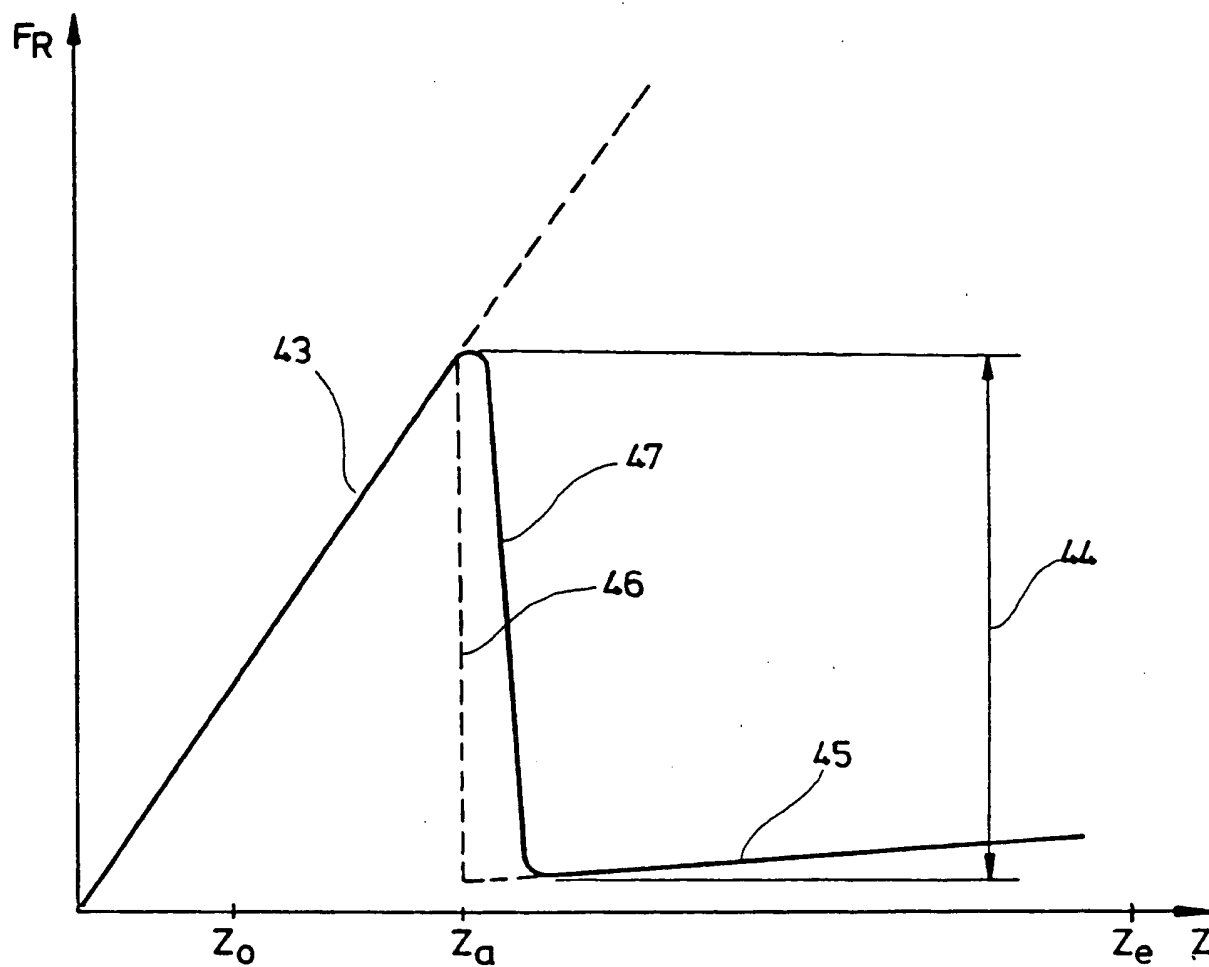


Fig. 5

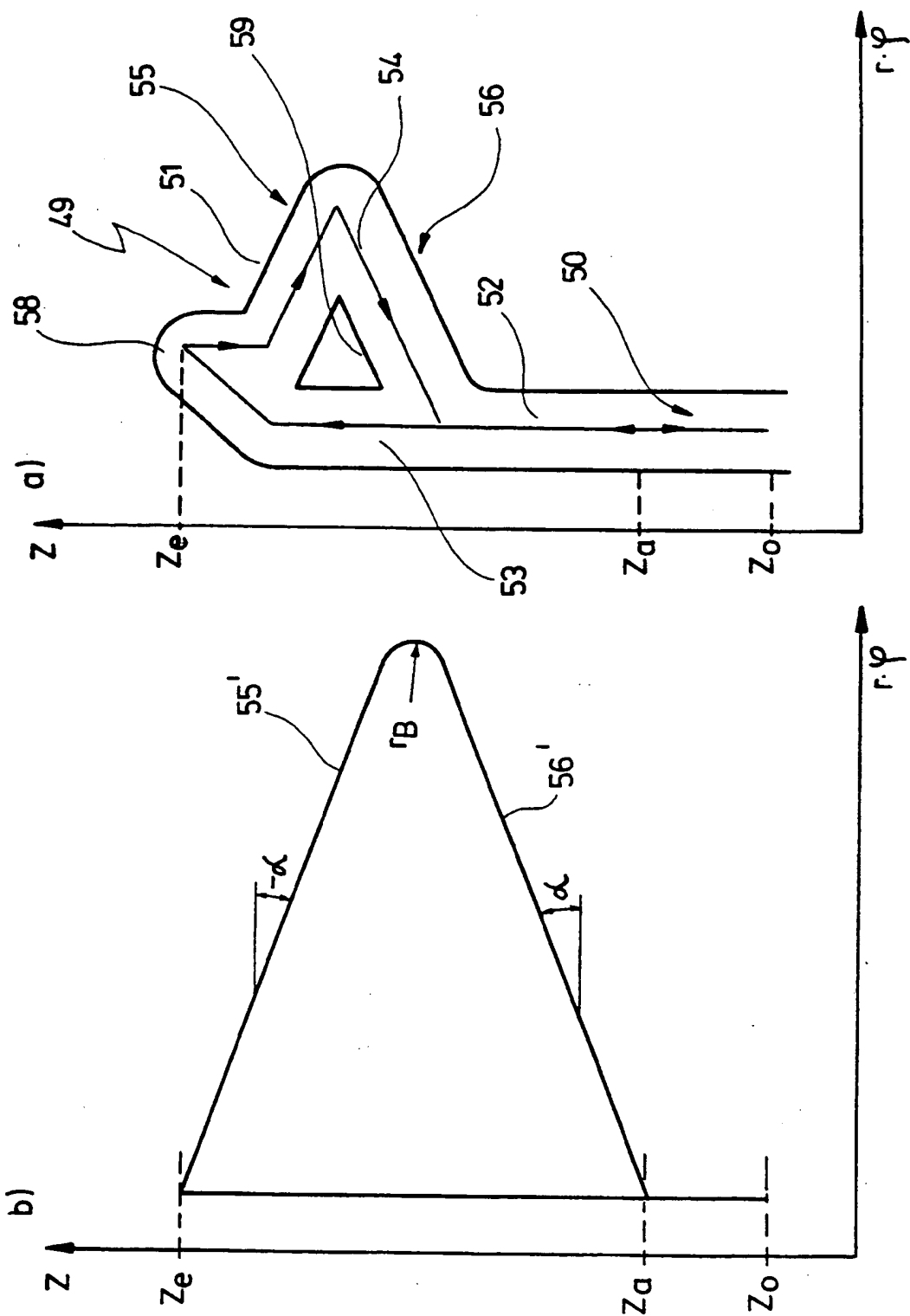


Fig. 6